

УДК 54.2.66.061.3

**В. О. Дяків** – кандидат геологічних наук, доцент кафедри екологічної та інженерної геології та гідрогеології Львівського національного університету імені Івана Франка

## **Закономірності розвитку техногенно активізованого соляного карсту в процесі затоплення шахт № 8 та № 9 Солотвинського солерудника**

*Роботу виконано на кафедрі екологічної та інженерної геології та гідрогеології ЛНУ ім. І. Франка*

Подано характеристику геологічної будови, мінерального та літологічного складу, сучасного геоecологічного стану, гідрогеологічних та гірничо-геологічних умов Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпаття). Розглянуто чинники активізації соляного карсту в процесі зростання водопритоків та затоплення Солотвинських шахт № 8 та № 9.

**Ключові слова:** Солотвинське родовище кам'яної солі, мінеральний склад, техногенно активізований соляний карст, затоплення соляних шахт.

**Дяків В. А. Закономерности развития техногенно активизированного соляного карста в процессе затопления шахт № 8 и № 9 Солотвинского солерудника.** Представлена характеристика геологического строения, минерального и литологического состава, современного геоecологического состояния, гидрогеологических и горно-геологических условий Солотвинского месторождения каменной соли (Закарпатье). Рассмотрены факторы активизации соляного карста в процессе роста водопритокков и затопления Солотвинских шахт № 8 и № 9.

**Ключевые слова:** Солотвинское месторождение каменной соли, минеральный состав, техногенно активизированный соляной карст, затопление соляных шахт.

**Dyacyv V. O. Conformities to the Law of Development of Tekhnogenic Activated Salt Karst in the Process of Submergence of Mines № 8 and № 9 of the «Solotvinsky Saltmine».** Description is given of geological structure, mineral and lithological composition, modern geoecological situatuion, terms hydrogeological and mine-geological state of the Solotvinsky salt deposit of (Transcarpahian region). Factors are considered of activation of salt karst in the process of growth of waterflow and submergence of the Solotvino mines № 8 and № 9.

**Key words:** the Solotvino salt deposit, mineral composition, tekhnogenic activated salt carst, submergence of salt mines.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Солотвинське родовище кам'яної солі розробляється з денної поверхні з античних часів, а шахтним способом – починаючи із середніх віків. Уже перші видобувні роботи виявили складність гідрогеологічних умов виїмки солі та активізацію розвитку соляного карсту в умовах водопритоків у гірничі виробки. Соляні копальні у західній частині родовища, закладені у XVIII–XIX ст. – Миколай, Альберт, Христина та ін., пропрацювали понад століття. У 1808 р. було закладено шахту № 7, яка працювала до 1952 р. Зараз усі ці шахти затоплені, а над ними утворилися озера.

Та сама доля спіткала і дві копальні, які діють до останнього часу – шахту № 8, побудовану в 1886 р., і шахту № 9, відкриту у 1975 р. На початку 90-х років ці копальні щорічно видобували понад 500 тис. т (близько 10 % загального видобутку солі в Україні). Балансові запаси солі Солотвинського солерудника становлять 30 млн т, проте загальний обсяг соляного купола становить близько 2 млрд т. Крім видобутку солі, соляні шахти Солотвина мали важливе наукове та лікувальне значення: тут розміщувалися Солотвинська підземна низькофонова лабораторія Інституту ядерних досліджень НАН України та підземні відділення алергологічних лікарень.

У 2006–2008 рр. ситуація на шахтах суттєво змінилася: якщо на шахті № 8 водопритік стабілізувався на рівні 100 м<sup>3</sup>/год, то на шахті № 9 наприкінці 2008 р. досяг катастрофічних значень – 500–600 м<sup>3</sup>/год. З таким водопритокком не змогли справитися дві потужні помпи продуктивністю по 200 м<sup>3</sup>/год. Внаслідок цього наприкінці 2008 р. шахта № 9 Солотвинського солерудника була аварійно затоплена за три місяці. У шахту № 8 на початку 2010 р. втричі зріс водопритік і на сьогодні рівень води у шахті невідомий. Крім того, деформація допоміжного стовбура унеможливила машинний підйом гірників і пацієнтів республіканської та обласної алергологічних лікарень, що локалізовані на відмітці 0 м.

**Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми.** Нині єдиним рекреаційним об'єктом селища залишаються відомі Солотвинські соляні озера, але й у них вода з року в рік опріснюється [10]. Хімічний склад високомінералізованої води в озерах підтримується штучним підживленням ропою із затоплених шахт.

Унаслідок понад кількасотлітньої розробки Солотвинського родовища, геологічне середовище зазнало різких змін (ідеться насамперед про карстування та провалоутворення). Це негативно впливає на стан довкілля. Значне погіршення гірничо-геологічних умов, пов'язане з розвитком соляного карсту та просіданням денної поверхні над виробленим простором, змусило місцеву владу, за прикладом м. Калуша, винести на місцевий референдум у жовтні 2010 р. питання про оголошення селища Солотвина зоною екологічного лиха. У нашій статті зроблено спробу з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки між особливостями геологічної будови, гідрогеологічних та гірничо-геологічних умов, з одного боку, та розвитком техногенно активізованого соляного карсту і сучасним геоекологічним станом – з іншого, визначити чинники, які потрібно враховувати при розробці родовища в майбутньому.

**Формулювання мети та завдань статті.** Об'єктами наших досліджень були геологічне середовище Солотвинського родовища кам'яної солі, гірничі виробки Солотвинського солерудника, карстові провали, ділянки просідання поверхні, солоні озера.

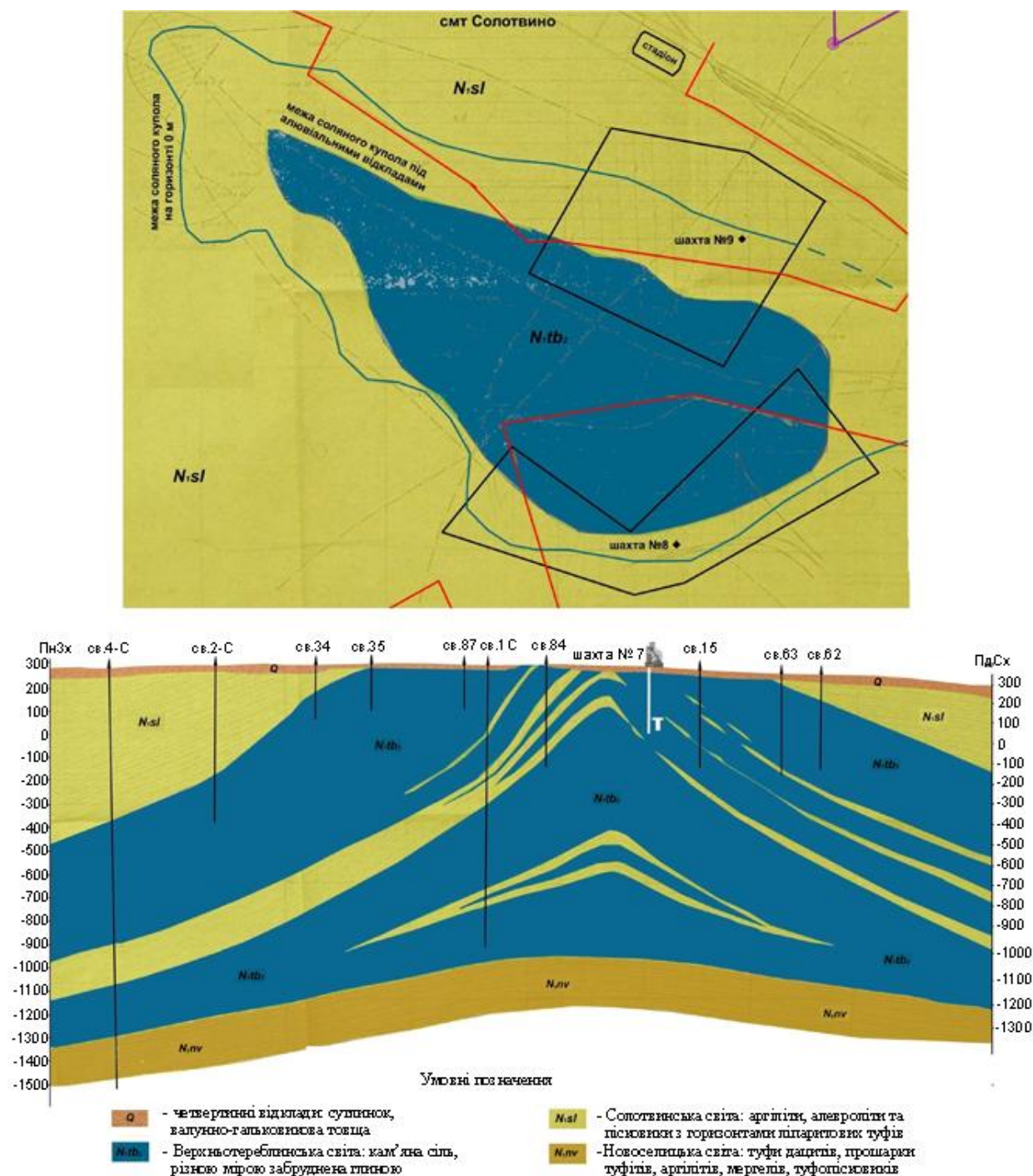
**Матеріали та методи.** Методика досліджень полягала в польовому дослідженні та узагальненні наявних літературних і фондових даних із геології, гідрогеології та мінералогії, карстуванні геодинамічних процесів, аналізі місць проявів небезпечних екзогенних геологічних процесів.

Об'єктивну оцінку процесів вилугування кам'яної солі, що є головним чинником активізації карсту, здійснено за таким алгоритмом: геологічна будова Солотвинського соляного купола – мінеральний та петрографічний склад – гірничо-геологічні умови – гідрогеологічні умови – кількісні характеристики та масштабність проявів карсту.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.** Солотвинське родовище кам'яної солі розміщене в південно-східній частині Тячівського району Закарпатської області та приурочене до Верхньотисенської (Солотвинської) западини Закарпатського прогину. Приповерхнєве залягання кам'яної солі приурочене до штоку, що утворився внаслідок постседиментаційного галокінезу – тиску на соляні породи теригенних товщ, які залягають вище, їх перехід у пластично-текучий стан та видавлювання у приповерхнєву ділянку розрізу. При цьому переміщення пластично-текучих соляних мас відбувалося з ділянки підвищеного геостатичного тиску до області його понижених значень.

В основі геологічної будови Солотвинського родовища залягають гіпсоангідрити, туфи, туфіти з прошарками вапняків і мергелів Новоселицької світи. Ці відклади перекриваються товщею сірих та темно-сірих аргілітоподібних глин, алевролітів, пісковиків і кам'яної солі верхньотереблінської світи та надсольовим комплексом теригенних відкладів бадену (солотвинська й тересвинська світи) та нижнього сармату (басхевська світа) [2], що перекриті утвореннями четвертинного віку (рис. 1).

Згідне залягання зазначених вище стратиграфічних підрозділів порушене процесами соляної тектоніки, вилугуванням солей та їх елювіальною самоізоляцією. Процеси соляної тектоніки зумовлені перекриттям соленосної товщі теригенними відкладами, дисгармонійними дислокаціями, напруженнями та переходом соляних порід у квазітекучий стан. Інтенсивний ріст Солотвинської солянокупольної структури відбувався від сармату до голоцену.



**Рис. 1.** Геологічна карта та розріз Солотвинського родовища кам'яної солі

З погляду тектоніки Солотвинське родовище є штоком солянодіапірової структури. Під четвертинними відкладами шток має в плані грушоподібну форму завдовжки 1880 м і завширшки 760 м. Довга вісь орієнтована в напрямку північний захід – південний схід. Соляний шток має асиметричну будову. Південно-західне крило круте (60–80°), а північно-східне – пологіше (до 60°). У північно-західному і південно-східному напрямках він занурюється під кутом 15–30°. Такі кути свідчать про те, що контакт соляного штоку з боковими флішoidними породами – тектонічний [3]. Кути падіння змінюються і залежно від відстані від контуру виходу солі під четвертинні відклади: поблизу – круті, у міру віддалення – пологіші. Поверхня штоку на рівні ерозійного зрізу грушоподібна, плоска, місцями нерівна, нахилена в північно-західному напрямку (рис. 1).

На рівні ерозійного зрізу соляна товща перекрита елювіальними глинами (місцева назва «палаг»), що накопичилися у процесі вилугування кам'яної солі. Завершує геологічний розріз родовища

товща четвертинних відкладів – алювіальної піщано-гравійно-галькових надзаплавних терас р. Тиси та лесоподібних суглинків.

Кам'яна сіль біла, світло-сіра, сіра, місцями темно-сіра, крупно-, середньозернистої структури, складена головню галітом із нерозчинними домішками ангідриту, доломіту і глини, представленої гідрослюдою і хлоритом [1]. Уміст нерозчинного у воді залишку в білій і світло-сірій солі – 0,1–0,5 %, сірій – 0,5–1,0 %, а в темно-сірій – >1 % [7]. Внутрішня тектоніка кам'яної солі характеризується крутим, іноді вертикальним заляганням пластів, місцями сильно зім'ятими у химерні складки різної форми й розмірів.

У соленосній товщі трапляються шари та блоки теригенних порід, приурочені до різних горизонтів. Зазвичай ці включення деформовані, розломані й розірвані на частини та уламки різного розміру. У ядрі залягає глиниста сіль та соленосні глини. Перекривальні теригенні відклади солотвинської світи, які прорвали соляний шток тереблінської світи внаслідок соляно-тектонічного впливу, занурюються, як і поверхня штоку, але кути падіння більш пологі. Незважаючи на таку деформацію, у зоні контакту солей та теригенних відкладів, що їх перекривають, дуже слабо проявляються явища дроблення і брекчіювання, зміщення та загинання вгору прошарків вмісних порід.

З погляду геоморфології Солотвинське родовище лежить у межах широкої долини р. Тиси, у правобережній її частині, на ділянках поширення другої (шахти № 7, 8 та 9) і частково першої надзаплавної терас (район Затону – старих затоплених шахт, де локалізовані соляні озера).

Висока розчинність кам'яної солі у воді – до 357,2 г/л NaCl при 10 °C [6], що провокує активізацію соляного карсту, зумовила детальне вивчення підземних та поверхневих вод родовища. Родовище локалізовано в межах зони гумідного клімату, де кількість опадів майже вдвічі переважає кількість випаруваної вологи. Середня багаторічна кількість опадів дорівнює 873 мм, з яких 45 % випадає в травні–серпні, при зафіксованому максимумі 294 мм. Інфільтрація атмосферних вод відбувається у четвертинні відклади з перетоком у бокові вмісні породи та до рівня соляного дзеркала.

Рух підземних вод у четвертинних відкладах, бокових породах та особливо у соляній товщі є визначальним гідрогеологічним чинником активізації соляного карсту. Бокові породи в зоні контакту із сіллю різною мірою деформовані та тріщинуваті внаслідок діапіризму. Підземні води в бокових породах належать до тріщинних та порово-тріщинних. Якщо руху вод у приконтатовій зоні купола немає, тріщинні та порово-тріщинні води характеризуються гравітаційною стратифікацією: нижче по розрізу та ближче до солей – насичені хлоридно-натрієві ропи (до 313 г/л), вище по розрізу й далі від солей – мінералізовані (1–100 г/л) та прісні гідрокарбонатно-кальцієві води, з мінералізацією менше ніж 1 г/л, переважно 0,25–0,3 г/л. На мінералізацію цих вод суттєво впливає наявність та цілісність палагу – глинистого прошарку, мінералогічного бар'єра, що захищає сіль від розчинення, та застійний чи рухомий режим підземних вод. Відсутність глинистого прошарку та наявність зони розвантаження тріщинних вод, насамперед гірничих виробок, зумовлює їх активну взаємодію із соляними породами, вилугування та розвиток карсту.

Внутрішньосольові води трапляються рідко і в малій кількості. Це переважно локалізовані в невеликих ізольованих порожнинах насичені ропи, які не створюють загрози активізації соляного карсту.

Найбільш поширеними на Солотвинському родовищі в непорушеному гірничими роботами стані були надсольові води четвертинного водоносного горизонту. Ці прісні, з низькою мінералізацією, надзвичайно агресивні до солей води найбільше обмежували гірничо-видобувні роботи на родовищі. У межах першої надзаплавної тераси, в умовах відсутності дренажу четвертинні води залягають на глибині 0,5–1,5 м, при гідравлічному нахилі рівня до місця розвантаження – р. Тиси – 0,003 та коефіцієнті фільтрації 15 м/добу. В межах другої надзаплавної тераси, при відсутності дренажу, четвертинні води залягали на глибині 15–20 м. Вони підживлюються за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, витоків інженерних комунікацій багатоповерхової забудови селища та частково за рахунок напірного перетоку з бокових порід.

Літологічні особливості четвертинних відкладів та їх локалізація в умовах замкненого пониження в центральній частині купола сприяли їх значній обводненості та швидкій водовіддачі при наявності підземного дренажу. Якщо прийняти випаровування рівним 40 %, то інфільтрація, виходячи із середньої багаторічної норми атмосферних опадів (873 мм) тільки на цій площі (близько 20 га), 287 м<sup>3</sup>/добу. Розвантаження надсольових вод відбувається у р. Тису та значною мірою у гірничі виробки.

Для того, щоб перехопити та не допустити їх потрапляння в солевидобувні шахти на родовищі по периферії соляного купола, у кривлі глинистого надсольового прошарку було облаштовано систему самоплинних дренажних штолень («Північна», «Нова Тиса» та «Тиса») та шурфів для відпомування води (№ 1–18) (рис. 2).



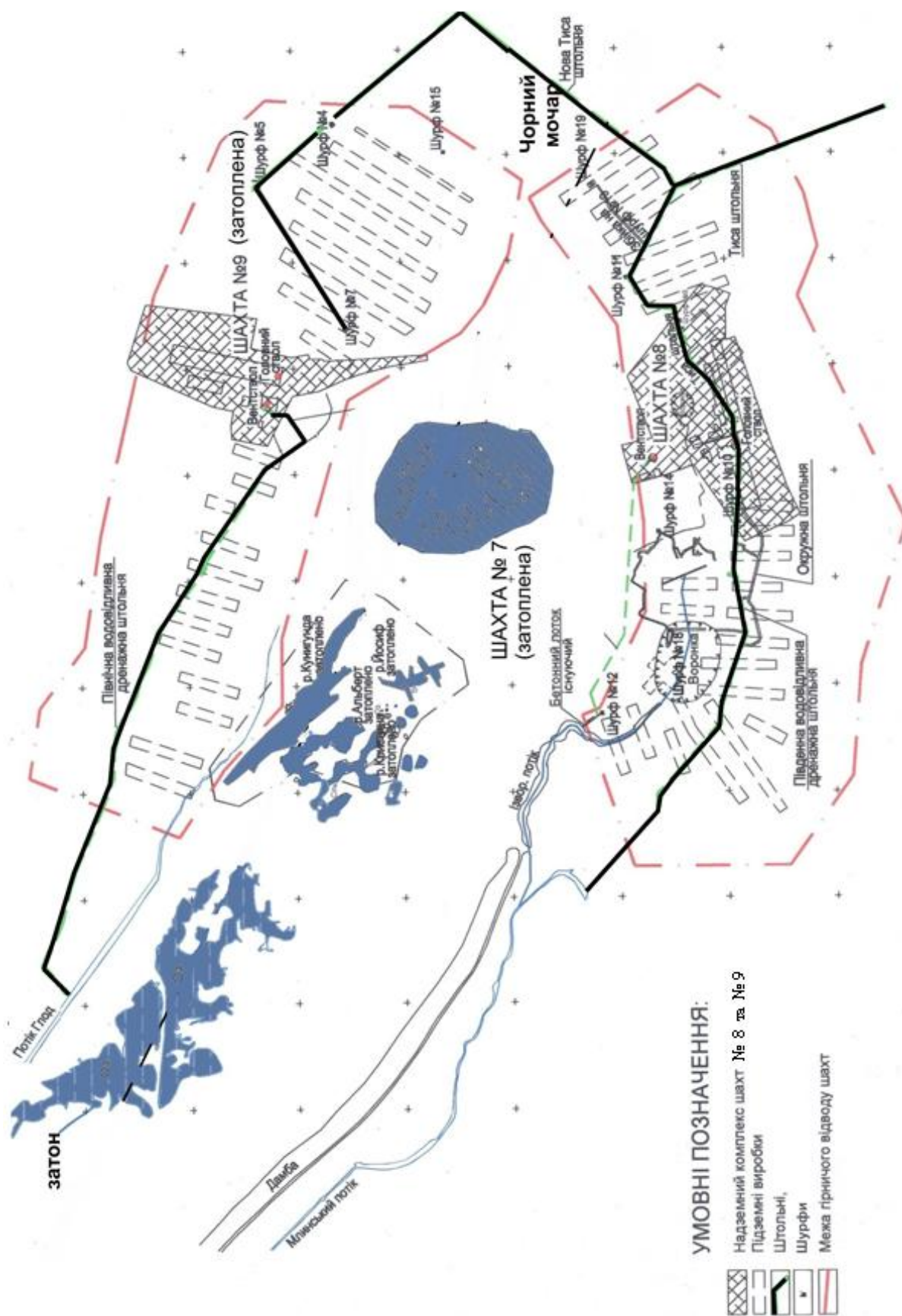


Рис. 2. Система перехоплення та водовідведення вод четвертинного водоносного горизонту по периферії Солотвинського соляного купола

Перехоплені Північною водовідливною дренажною штольною четвертинні води скидали у потік Глод, і в контур західної ділянки шахти № 9 вони не потрапляли. Штольня «Нова Тиса» та з'єднана з нею «Тиса» перехоплювали четвертинні води в контурі східної ділянки шахти № 9 та усього гірничого відводу шахти № 8, після чого скидались у потік Извор. У такий спосіб здійснювалося штучне осушення четвертинного водоносного горизонту та пригнічувався розвиток соляного карсту.

Води, які проникли до рівня солей, активно їх вилуговують, відпомпувались на денну поверхню з гірничих виробок чи їх затоплюють, отримали назву карстових. Живляться карстові води за рахунок надсольових вод та вод з бокових порід. Ще в 50-ті роки об'єм відпомповування карстових вод становив до 700 000 м<sup>3</sup>/рік, 2000 м<sup>3</sup>/добу, 80 м<sup>3</sup>/год. Для порівняння: у 2008 р. об'єм відпомповування карстових вод становив з шахти № 9 – 500 м<sup>3</sup>/год, а з шахти № 8 – 100 м<sup>3</sup>/год. Після затоплення шахти № 9 водопритік у шахту № 8 у 2010 р. становив 250–300 м<sup>3</sup>/год.

За своїм хімічним складом карстові води належать до хлоридно-натрієвих. Мінералізація їх різна (від майже прісних вод до насиченої ропи), і залежить лише від тривалості взаємодії води із сіллю, швидкості її руху по карстових каналах і кількості води [5].

Середня мінералізація карстових вод, які відкачують із підземних виробок, становить 84 г/л [4]. Із наведених даних видно, що точними індикаторами часу взаємодії вод із соляними породами є висока мінералізація та підвищений вміст сульфат-іону.

Під алювіальними відкладами на більшій частині поверхні соляного штоку залягає прошарок глинистих порід із поодинокими включеннями гіпсу – «палаг». Цей прошарок представлений залишковим глинистим матеріалом, що містився у кам'яній солі в розсіяному стані, та гіпсом, який утворився за рахунок гідратації ангідриду – реліктового мінералу соленосної товщі [8]. Місцями в палагу трапляються дрібні гнізда та лінзи піску, уламки аргілітоподібних глин і пісковиків. Потужність палагу становить 2–5 м, місцями зростає до 25–30 м. На окремих ділянках родовища палаг виклинюється. Нерівність контакту кам'яної солі та підшви палагу і різна його потужність обумовлені, очевидно, первинною нерівністю поверхні соляного штоку і різним вмістом у кам'яній солі глинистого матеріалу (рис. 3).



**Рис. 3.** Нерівність контакту кам'яної солі та підшви палагу (зі збільшенням потужності глинистого прошарку зліва та вклинюванням справа) у центральній частині родовища в межах гірничого відводу шахти № 7

Донедавна скельні виходи кам'яної солі, вкриті шаром глини, були наявні на денній поверхні в межах першої надзаплавної тераси р. Тиси в районі Затону. Сьогодні ці виходи повністю розчинені та перекриті кількадеметровим шаром мулу й глини.

Водопроникність палагу в непорушеному стані дуже низька за рахунок його глинистого складу. Проте вона суттєво зросла внаслідок техногенного впливу – негерметичності численних свердловин та шурфів, по яких надсольові води потрапляють у соляну товщу. Наслідком цього є інтенсифікація процесів вилуговування солі та активізації соляного карсту, який раніше, у 60-х роках, був розвинутий на площі 43 га, а на сьогодні охопив усю площу соляного штоку на ділянці виходу солей під четвертинні відклади.



Виникнення та розвиток карсту на Солотвинському родовищі, ймовірно почалося від часу підняття соляного штоку і його потрапляння в зону активного водообміну: контакту агресивних вод із солями та їх розвантаження у русло р. Тиси. У той час проявилася єдність двох протилежних процесів – утворення купола та його руйнування вилугуванням (розчиненням) водою. Проте збереження соляного покладу у приповерхневій обводненій частині впродовж тривалого геологічного часу зумовлено тим, що утворені насичені ропи при малих градієнтах падіння залишалися на поверхні солі у стані спокою, гравітаційно диференціювалися і в такий спосіб захищали її від агресивних прісних вод, що залягали вище. На місці вилугуваних солей залишався нерозчинний глинистий осад, який захищав від подальшого розчинення.

Установлена в природних умовах гідродинамічна рівновага на Солотвинському родовищі була порушена наприкінці XVIII – у другій половині XX ст., коли почалося будівництво глибших копалень, порівняно з тими, що були тут у середні віки. Це шахти «Христіна» (1778 р.), «Альберт» (1781 р.), «Кунігунда» (1789 р.), «Миколай» (1798 р.), «Старий Людвіг» – шахта № 7 (1808 р.), шахта № 8 (1886 р.) та шахта № 9 (1975 р.). Пройдені близько поверхні підземні виробки старих шахт стали місцями проникнення надсолевих вод у соленосну товщу. Сьогодні усі копальні, крім шахти № 8, затоплені. У шахті № 8 рівень ропи підтримується на відмітці 60 м в умовах частково засипаного ствола копальні.

Єдиним способом захисту гірничих виробок було облаштування дренажу для перехоплення надсолевих вод за допомогою дренажних штолень та водовідливних шурфів на рівні палагу. Ці виробки значно стримували розвиток карсту. Саме порушення їх роботи в останні 15–20 років призвело до тих катастрофічних наслідків, які сьогодні спостерігаються на родовищі. У штольнях та шурфах фіксувалися часті вивали, які блокували самовитік здренованих вод. Ці вивали вчасно не ліквідовувалися через недофінансування Солотвинського солерудника. Утворювалися штучні греблі, які створювали підпір надсолевих вод і їх пришвидшену інфільтрацію у соляний масив по ослаблених зонах, насамперед у районі Чорного Мочара, де деформація денної поверхні, зумовлена розвитком соляного карсту, в останні роки проходила дуже динамічно (рис. 4).



а



2007 р.



2008 р.



2009 р.

б

**Рис. 4.** а) деформація дренажної штольні «Тиса» в районі Чорного Мочара та вивали четвертинних відкладів в ній у вигляді греблі; б) динаміка деформації денної поверхні в районі Чорного Мочара внаслідок розвитку соляного карсту

За таких умов підземні дрени не тільки не захищали шахтні виробки від води, а й, навпаки, ставали ділянками водозбору та залпової інфільтрації, яка зумовила катастрофічний характер водопритоків та розвитку соляного карсту (рис. 46).

На Солотвинському родовищі поширені і поверхневі, і підземні прояви соляного карсту. На денній поверхні поверхневі форми соляного карсту представлені карами, понорами, лійками, блюдцеподібними пониженнями рельєфу, колодзями й печерами. Кари розвиваються на відслоненнях кам'яної солі, що виходять на денну поверхню. До недавнього часу класичні соляні кари розвивалися на поверхні соляних скель у районі соляного озера Кунігунда. Внаслідок інтенсивних опадів сіль розчинялася та боріздками стікала у пониження рельєфу, залишаючи за собою гострі шпильчасті карові гребені. На сьогодні ці скелі та кари (рис. 6а) як форми відкритого соляного карсту повністю розчинені чи пересипані глиною.

Спостереження засвідчують, що під впливом дощової води найінтенсивніше розчиняються нахилені поверхні кам'яної солі, а найменше – вертикальні та горизонтальні. Це пов'язано з тим, що на схилах соляних скель соляні розчини швидко переміщуються вниз і не захищають їх від розчинення новими порціями агресивної до солі прісної води. Вертикальні поверхні розчиняються слабо – через меншу ймовірність потрапляння на них значних скупчень атмосферної вологи. Дощова вода, яка потрапила на горизонтальну поверхню солі, розчиняє її, насичується натрій- та хлорид-іонами і стає малорухливою ропою, значною мірою захищаючи галітові агрегати від розчинення новими порціями води. Виходячи з таких особливостей взаємодії солей та води, Г. В. Короткевич [6] запропонував проектувати розробку солей кар'єрним способом так, щоб профіль гірничої виробки представляв собою чергування субвертикальних соляних уступів, які мінімально розчиняються та субгоризонтальних берм, гідроізольованих глиною.

Понори, або локалізовані місця повного чи часткового поглинання води розміром 30–40 см, найбільш поширені поверхневі карстові форми на сьогодні в межах Солотвинського родовища. Повний цикл розвитку понору – від стічного каналця та карстового колодзя спостерігається на відкритій поверхні солей шахт № 7 та № 8 (рис. 5).



**Рис. 5.** Повний цикл розвитку понорів у кривлі солі на бортах провалу над східними камерами 1-го горизонту шахти № 8



Розширення розмірів понорів призводить до активізації карстово-суфозійних явищ із формуванням більших карстових форм – блюдець, лійок та вирв (великих лійок). Формування карстових колодязів і печер пов'язано з розширенням понорів, розміщених над старими виробками.

Карстові вирви на Солотвинському родовищі розвиваються в четвертинних відкладах і приурочені до тих понорів та колодязів, крізь які, відбувається винесення та провалювання теригенних порід у ділянки вилуговування та вироблений простір шахт. Найбільший розмір карстових вирв притаманний для шахти № 7 та № 8, де діаметр досягає 250 та 200 м відповідно при видимій глибині до 75 м (рис. 6).



**Рис. 6.** Найбільші карстові вирви в межах Солотвинського родовища над виробленим простором шахт № 7 (а) та № 8 (б)

Блюдцеподібні пониження рельєфу та дрібні карстові лійки в межах шахтних полів – і шахти № 8, і шахти № 9 – мають широкий розвиток. Морфологічно вони є пологими западинами у рельєфі перекривальних відкладів, переважно округлої або овальної форми. Їхня глибина не перевищує 2–4 м при поперечних розмірах до 10–15 м, іноді й більше. У плані вони звичайно симетричні і переходять одне в одне. У зв'язку з цим у місцях, де блюдця мають суцільний розвиток, створюється слабкий пологий безладно-хвилястий рельєф (рис. 7).



**Рис. 7.** Безладно-хвилястий рельєф із численними блюдцеподібними пониженнями та окремими дрібними карстовими лійками

Карстові лійки надзвичайно різноманітні за своїми розмірами і формою. Вони приурочені до ділянок підземного вилуговування на рівні соляного дзеркала. Найбільші карстові лійки, що наближаються за розмірами до карстових котловин, розміщені біля старих шахт. У поперечнику вони

досягають 80 і більше метрів при глибині 10–15 м. Їх середній діаметр становить 8 м, глибина – 5 м. Величина відношення глибини до діаметра (понад 0,63) свідчить про «молодість» лійки та відносну стійкість її бортів, яка є свідченням нещодавнього карстового провалу – лійки із субвертикальними стінками (рис. 8).



**Рис. 8.** Типові карстові лійки у перекривальних відкладах

Над карстовими порожнинами в солі утворюються суфозійні порожнини у товщі перекривальних відкладів. Зростання кількості порожнин приводить до просідання або, частіше, раптового обвалу товщі ґрунту. Провали появляються переважно у весняний період. Це зумовлено тим, що разом із більш інтенсивним карстоутворенням у солі і суфозійним процесом, у цей період у ґрунтах підвищується природна вологість, зменшується внутрішнє тертя і зчеплення частинок.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Наведені дані свідчать про сучасний критичний та катастрофічний стан геологічного середовища в межах Солотвинського родовища кам'яної солі, що пов'язано насамперед з інтенсивним розвитком соляного карсту в останні роки. Порушення сталого в геологічному часі природного режиму надсолених вод призвело до активізації розчинення солей. Наявність розгалуженої системи дренажних виробок в основі четвертинних відкладень та у верхній частині соляного тіла створило зони підземного розвантаження, розширило зону активного водообміну до легкорозчинної кам'яної солі та стало головною причиною інтенсивного закарстовування території. Унаслідок затоплення шахт № 8 та № 9 це призвело до розширення природних і утворення нових карстових каналів, руйнування водотривкої покришки (палагу) та утворення провалів, через які поступають атмосферні води. Техногенно активізований карст у межах Солотвинського родовища спричинив радикальні зміни рельєфу земної поверхні, збільшення коефіцієнту стоку, зміни місць живлення і розвантаження підземних вод.

Розширення карстових каналів, які оточують соляний купол, найінтенсивніше проходило в період затоплення шахти № 9. У результаті утворився високопроникливий канал, який пов'язує озера Затону з провалом Чорний Мочар. Відмітка рівня води в озері Чорний Мочар становить 264 м, в озерах Затону – 256–257 м. Наявність такої різниці напорів свідчить про те, що частина карстового каналу заповнена провальними відкладеннями, через які здійснюється фільтрація води від зони живлення на сході до зони розвантаження в озерах. Зараз аналогічні процеси розширення карстових каналів здійснюються на східному схилі купола, на шляху руху води від Чорного Мочара і штольні «Тиса» до системи дренажних виробок шахти № 8. Це супроводжується численними провалами поверхні вздовж потоку води.

Руйнування водотривкої покришки (палагу) проходить внаслідок провалів. Провали над карстовими порожнинами та дренажними виробками забезпечують зв'язок карстових вод з атмосферою. Приток прісної атмосферної води в провали призводить до їх росту і викликає зміни рельєфу та гідрографічної мережі. Колишні потоки Глод і Извор нині впадають у провали, весь поверхневий стік

перейшов у підземний. У перспективі, після затоплення шахти № 8, функціонуватимуть три підземних потоки: потік по карстовому горизонті на півночі, штольня «Тиса» на сході і потік Ізвор по штольні «Південній».

Найбільше вражають зміни рельєфу, обумовлені техногенно активізованим соляним карстом у межах Солотвинського родовища. Деформації земної поверхні пов'язані лише із соляним карстом, який утворився в природних умовах й інтенсифікувався внаслідок проведення гірничих робіт. Ці деформації, зумовлені соляним карстом на денній поверхні, проявляються у вигляді: 1) плавного просідання поверхні, 2) провалоутворення, 3) зсувів. Численні просідання і провали вздовж контуру соляного купола здебільшого контролюються розміщенням дренажних галерей по його периферії. Зсуви приурочені до периферії великих провалів у центральній частині соляного купола.

#### *Список використаної літератури*

1. Билонижка П. М. О минеральном составе карбонатов и глин Солотвинского месторождения каменной соли (Закарпатье) / П. М. Билонижка // Вопросы геологии и геохимии галогенных отложений. – Киев : Наук. думка, 1979. – С. 53–61.
2. Гуревич К. Я. К вопросу о стратиграфии третичных осадков Солотвинской впадины / К. Я. Гуревич // Геол. сб. Львов. геол. о-ва. – Львов, 1956. – № 2–3. – С. 56–64.
3. Кореневский С. М. Геологическая характеристика соляных структур Верхнететисской впадины / С. М. Кореневский // Труды ВНИИГ. – Л. : Недра, 1959. – Вып. 35. – С. 105–130.
4. Короткевич Г. В. Гидрогеологические условия и карст Солотвинского соляного купола / Г. В. Короткевич // Труды ВНИИГ. – Л. : Недра, 1964. – Вып. 46. – С. 47–63.
5. Короткевич Г. В. Скорость развития соляного карста / Г. В. Короткевич // Труды ВНИИГ. – Л. : Недра, 1967. – Вып. 53. – С. 62–63.
6. Короткевич Г. В. Соляной карст / Г. В. Короткевич. – Л. : Недра, 1970. – 255 с.
7. Минералогия Закарпатья / Е. К. Лазаренко, Э. А. Лазаренко, Э. К. Барышников, О. А. Малыгина. – Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1963. – 614 с.
8. Николишин В. П. Происхождение гипсовой шляпы Солотвинского соляного купола / В. П. Николишин // Труды ВНИИГ. – Л. : Недра, 1967. – Вып. 53. – С. 51–61.
9. Николишин В. П. Влияние разработок Солотвинского соляного рудника на развитие карста / В. П. Николишин // Труды ВНИИГ. – Л. : Недра, 1967. – Вып. 53. – С. 68–75.
10. Особливості фізико-хімічних властивостей Солотвинських соляних озер / Й. П. Шаркань, М. Ю. Січка, І. І. Мучічка [та ін.] // Імунологія та алергологія. – 2001. – № 2. – С. 50.

Статтю подано до редколегії  
21.09.2012 р.